

Vegetations- und Klimageschichte in den West- und Waldkarpaten seit der letzten Eiszeit

Von Ruth DRESCHER-SCHNEIDER

Die Pflanzendecke ist Ausdruck der Konkurrenz bzw. Koexistenz der zusammen wachsenden Arten und deren Abhängigkeit von den Umweltfaktoren. Für das Verständnis des aktuellen Vegetationsmosaikes sind neben der Kenntnis der naturräumlichen Ausstattung des Gebietes auch die dynamischen Prozesse der jüngsten geologischen Zeiträume von Bedeutung (Klimaänderungen und damit verbundene Wanderungen von Pflanzen- und Tierarten nach dem Rückzug der Würmgletscher). Gerade in einer Zeit mit immer noch zunehmender Luftverschmutzung und Zunahme des CO₂-Gehaltes und des damit verbundenen Treibhauseffektes ist es umso notwendiger, die Klimaveränderungen in der Vergangenheit und die damit verbundenen Reaktionen der Vegetationsdecke zu kennen. Erst die Kenntnis dieser Vorgänge läßt die aktuelle Vegetations-Ausstattung der Landschaft verstehen.

Die folgende Zusammenstellung soll für die im Laufe der Exkursion besuchten Landschaften einen allgemeinen Überblick über die Vegetationsgeschichte, die klimatischen Veränderungen und den menschlichen Einfluß auf die Entwicklung während der letzten 13.000 Jahre geben. Wir verwenden dazu die für das IGCP (International Geological Correlation Program) Projekt 158 entworfene Unterteilung des Gebietes in Typregionen (type-regions), die durch die klimatischen, geologischen und geomorphologischen Gegebenheiten begründet wird (Abb. 1). Der folgende Überblick stützt sich auf die Zusammenfassungen für die jeweiligen Typregionen.

1. Die Vereisung während des Hoch-Würm in Polen

Die letzte Eiszeit, insbesondere ihr Höhepunkt, hat sich in Polen je nach Region recht unterschiedlich ausgewirkt. Während im NW der nordische Eisschild bis S von Poznan reichte und im NE einen großen Teil der masurischen Seenplatte bedeckte (LATAŁOWA & NALEPKA 1987), war der S nur sehr schwach vergletschert (vgl. Abb. 7B). In der Hohen Tatra erreichten die Gletscher nur knapp die Talausgänge. Im nördlich vorgelagerten Podhale-Gebiet entstand währenddessen ein ausgedehntes Schuttfächersystem (OBIDOWICZ 1990). Die niedrigeren Beskiden dürften überhaupt nicht vergletschert gewesen sein. Auch im Bieszczady Gebirge erreichen die höchsten Erhebungen nur etwas über 1300 m, sodaß sich nur einige kleine lokale Gletscher auf den höchsten Gipfeln bilden konnten.

2. Die Vegetations- und Klimaentwicklung in den polnischen Karpaten

2.1. Innere West-Karpaten – Nowy Targ Becken (Typregion P-a; Abb. 2)

Die Region umfaßt die Tatra, die Depression zwischen Tatra im S und den Hohen Beskiden im N und schließt im E das Gebiet des Pieniny-Nationalparks gerade noch ein.

Die Zusammenstellung verwendet Bearbeitungen von 11 Lokalitäten, die z.T. in jüngster Zeit durch weitere Untersuchungen ergänzt und bestätigt wurden (OBIDOWICZ 1989, 1990, LIBELT & OBIDOWICZ 1994). Dort finden sich weitere Literaturhinweise.

Die postglaziale Vegetationsgeschichte reicht in diesem Gebiet bis ca. 11.000 BP (before present, vor heute), d.h. bis ins **Alleröd** zurück. Zu jener Zeit wuchsen lichte Föhren-Birken-Wälder, auf Rohhumus auch Zirben und Lärchen. Die **Jüngere Dryas** (10.000–11.000 BP) zeichnet sich durch eine Verlagerung der Wasserscheide und durch ausgedehnte Überflutungen der Moore durch Flußwasser aus. Die Vegetation bestand aus einer Waldtundra, die sich am Übergang zum Holozän langsam wieder zu Rotföhren- und Zirbenwäldern mit unterschiedlichem Lärchenanteil entwickelte. Bis Ende **Präboreal** blieben die Wälder aber licht. Erst ab 9.000 BP, d.h. mit Beginn **Boreal** wurden sie dichter, und auf den Mooren bildeten sich Sumpfwälder mit *Pinus sylvestris*, *Betula*, viel *Filipendula* und Farnen. Zwischen 9.500 und

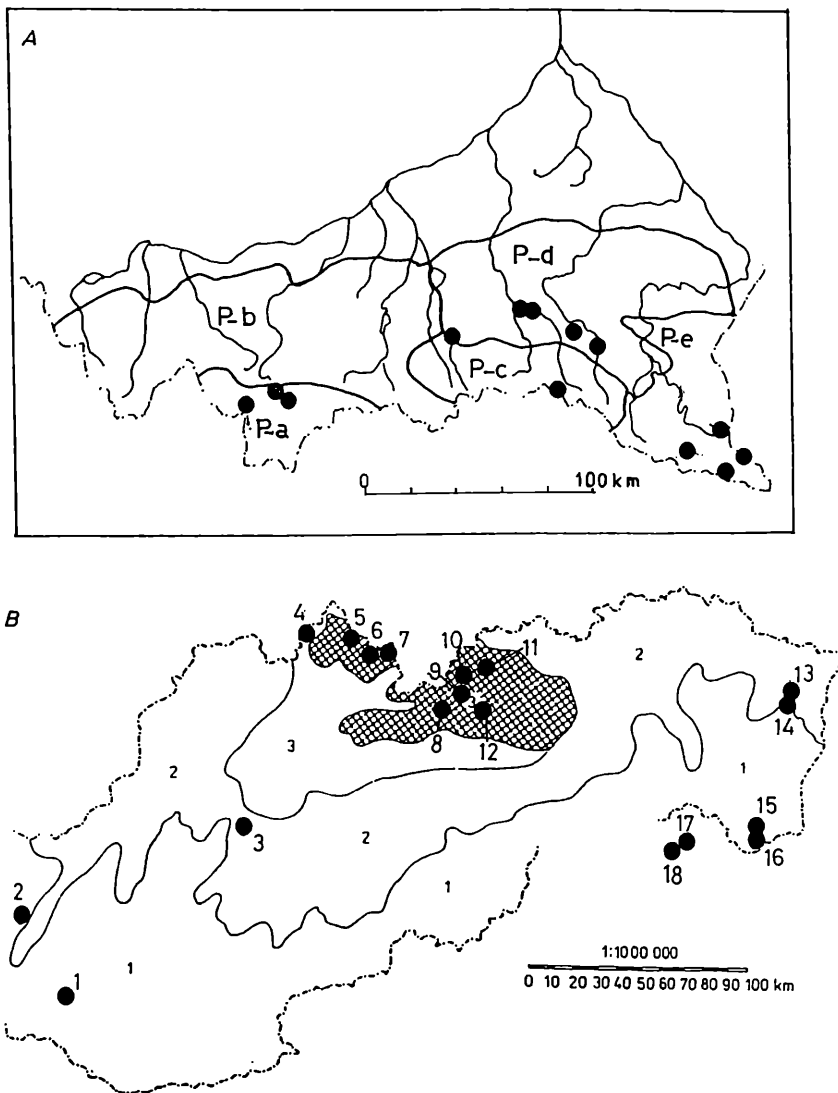


Abb. 1: Gliederung der polnischen (1A) und slowakischen (1B) Karpaten in Typregionen, die als Grundlage für die Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte und die Darstellung der Isopollenkarten dienen (RALSKA-JASIEWICZOWA 1983, RALSKA-JASIEWICZOWA & LATALOWA 1996, & RYBNIČEK & RYBNIČKOVA 1987, RYBNIČKOVA & RYBNIČEK 1988). Die schwarzen Punkte markieren die untersuchten Lokalitäten.

8.000 ist eine kurze, aber intensive *Ulmus*-Ausbreitung zu beobachten. In diesem Zeitraum wanderten außerdem *Picea*, *Corylus*, *Tilia*, *Fraxinus excelsior*, *Acer* und *Quercus* ein. Die *Corylus*-Dominanz begann um ca. 8.600 BP, wobei die Hasel wohl vorwiegend die S-Hänge bestockte. Entlang der Flüsse ist hauptsächlich mit Erlen- und Eschen-Ulmen-Beständen zu rechnen. Das Klima war warm, mäßig feucht, mit warmen Sommern und milden Wintern (Anwesenheit von *Taxus*, *Hedera* und *Viscum*).

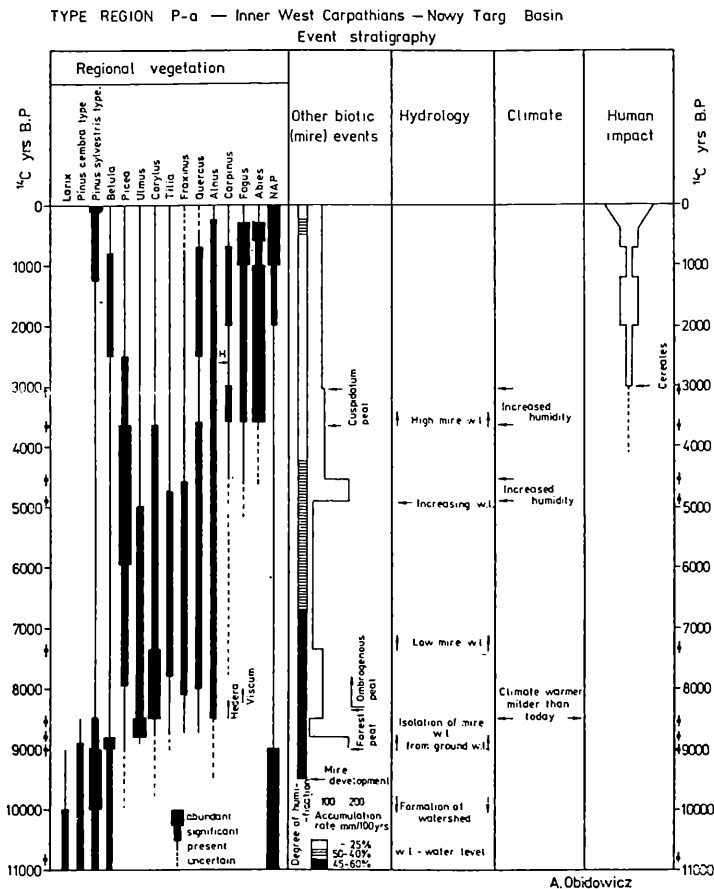


Abb 2: „Event-Stratigraphie“ der Typregion P-a (OBIDOWICZ 1989).

Die Periode der sommergrünen Wälder begann im **Atlantikum** um ca. 7.350 BP. Die S-exponierten Hänge boten gute Bedingungen für einen Lindenwald ähnlich dem *Asperulo-Tilietum* (OBIDOWICZ 1990). Die Fichten-Ausbreitung setzte um 6.000 BP ein. Zwischen 7.350 und ca. 6.700 BP ging das Moorwachstum stark zurück, was zu einer starken Zersetzung des Torfes führte.

Um 5.000 BP zu Beginn des **Subboreals** breiteten sich die Fichtenwälder sehr rasch aus und dürften ab ca. 4.500 BP in den höheren Lagen dieses Untersuchungsgebietes dominiert haben. Ein rascher Anstieg der Torfzuwachsrate um 5.000 BP ohne Änderung in der

Torfzusammensetzung dürfte auf eine Zunahme der Niederschläge und gleichzeitig auf eine Abkühlung zurückzuführen sein. Um ca. 4.540 BP wurde das Moorwachstum wieder geringer, gleichzeitig verschwand *Betula nana* aus dem Podhale-Gebiet. Zwischen 3.700 und 3.100 BP etwa bildeten sich die heutigen Waldgesellschaften aus. Auch die Höhenstufengliederung dürfte ungefähr der heutigen entsprochen haben.

Erste Hinweise in den Pollendiagrammen, die auf gelegentlichen Weidebetrieb durch neolithische Gruppen hindeuten, finden sich um ca. 4.100 BP. Die regelmäßige Anwesenheit des Menschen ab ca. 3.100 BP ist belegt durch eine durchgehende Kurve von Getreidepollen und eine Zunahme von Apophyten und Anthropophyten. Seit 1234 AD (anno domini, n. Chr.) ist die Besiedlung in Podhale auch schriftlich belegt.

2.2 Westliche Beskiden und Karpatenvorland (Typregion P-b)

Aus dieser Gegend gab es bisher nur wenige alte Untersuchungen ohne absolute Datierungen, die für das IGCP Projekt nicht verwendbar waren. Jüngste Untersuchungen eines Moores mit ¹⁴C-Datierungen in der W Tatra (LIBELT & OBODOWICZ 1994) zeigen in der postglazialen Vegetationsentwicklung keine nennenswerten Unterschiede gegenüber der Hohen Tatra. Aus dem Vorland sind noch keine neuen Untersuchungen bekannt.

2.3 Niedere Beskiden (Typregion P-c; Abb.3)

Die Untersuchungen in diesem Gebiet sind spärlich. Die Zusammenstellung (SZCZEPANEK 1989) beruht vorwiegend auf der Typlokalität Jasiel (SZCZEPANEK 1987), ca. 30 km Luftlinie SW von Sanok. Das Profil reicht wahrscheinlich in die **Jüngere Dryas** zurück und spiegelt in diesem Abschnitt einen offenen Föhrenwald mit vorwiegend *P. sylvestris*, *Betula*, wenig *Pinus cembra* und *Larix* wider. Im **Präboreal** blieben auch hier die Wälder licht, wurden aber in der jüngeren Hälfte von *Salix* dominiert. Zu Beginn des **Boreals** verschwanden *Pinus cembra* und *Larix*, dafür setzen die Kurven von *Picea*, *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Quercus* und *Alnus* ein. Ab 8.500 BP und während des ganzen **Atlantikums** bis ca. 5.000 BP dominierten die Laubbäume, vorwiegend *Ulmus*, *Corylus* und in geringerem Maß *Quercus* und *Alnus*. Im **Subboreal** um ca. 4.500 BP wanderten *Fagus*, *Carpinus* und *Abies* ein. In der Folge vermochte sich *Fagus* stetig auszubreiten und dürfte ab etwa 2.500 BP bis ins Mittelalter die dominierende Art in den Beständen gewesen sein. Je nach Exposition und Bodenverhältnissen waren *Abies* und *Carpinus* etwas stärker vertreten.

Spuren der Anwesenheit des Menschen setzen zögernd um ca. 4.000 BP ein, werden ab ca. 2.500 BP deutlicher und um 1.700–1.300 BP zeichnen sich die ausgedehnten mittelalterlichen Rodungen ab. Der Anbau von *Secale* begann um ca. 1.200 BP.

Aussagen über die klimatischen Verhältnisse sind nur in eingeschränktem Maß möglich. Auf Grund des Moorwachstums und der Torfzersetzung ist zu vermuten, daß ab ca. 9.900 BP die Niederschläge kontinuierlich zurückgingen während die Temperaturen anstiegen. Ab 5.000 BP sind gewisse Anzeichen für kühlere Temperaturen und höhere Niederschläge erkennbar, Anzeichen, die sich um 2.200 BP deutlich verstärken.

Die zweite in dieser Typregion untersuchte Lokalität lag an unserer Exkursionsstrecke von Novy Targ nach Jasło, ca. 5 km W Gorlice. Dieses Profil reicht nur bis 9.000 BP zurück, zeigt aber erwartungsgemäß eine ähnliche Entwicklung wie jenes von Jasiel. Nur *Picea* erreicht in Szymbark zwischen 4.500 und 3.200 BP viel höhere Werte bevor sie sehr abrupt (Schichtlücke ?) durch Buchen-Tannen-Wälder abgelöst wird.

2.4 Die Jasło-Sanok Depression (Typregion P-d; Abb.4)

Die wichtigsten Lokalitäten in dieser Region – alle in der Nähe von Jasło und Tarnowice in ca. 300 m ü. M. gelegen – wurden durch HARMATA (1987, 1989) untersucht.

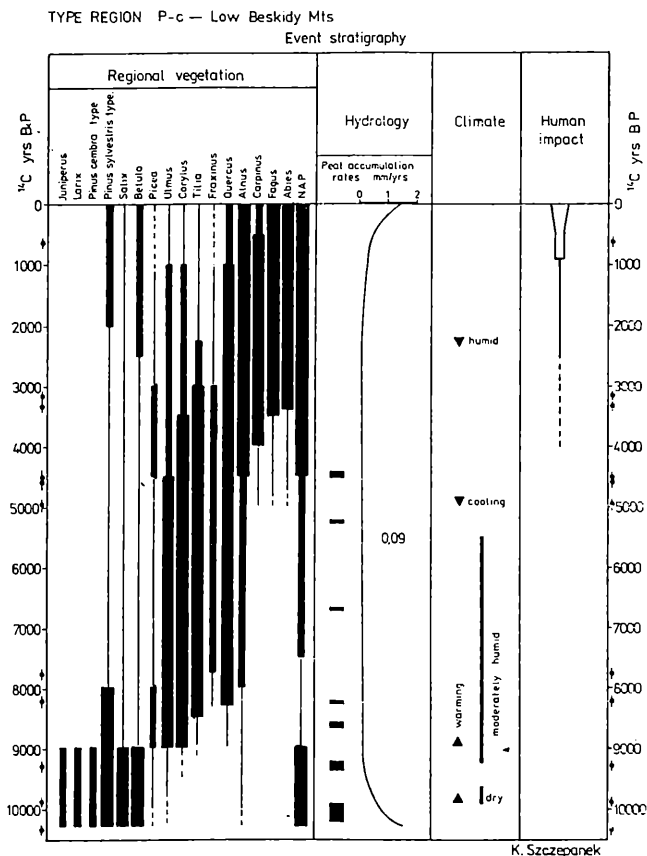


Abb 3: „Event-Stratigraphie“ der Typregion P-c (SZCZEPANEK 1989).

Die Profile reichen zurück bis ca. 12.300 BP, die Entwicklung setzt somit in der **Älteren Dryas** ein. Die Jasło-Sanok-Depression war zu dieser Zeit von einer Parktundra mit reichlich Strauch- und Kräutervegetation bedeckt. *Betula pubescens*, *Larix*, *Pinus* spec. und *Picea* sind auch durch Großreste belegt. Die *Picea*-Pollenkurve übersteigt aber nie 0.5 %. Die **Jüngere Dryas** zeichnet sich hauptsächlich durch eine Auflichtung der Waldbestände und damit durch eine Rückkehr zur Parktundra aus. *Alnus* ist nur durch einzelne Pollenkörner vertreten, konnte aber auch durch Holzfunde belegt werden. Im **Präboreal** wanderten *Ulmus* und *Corylus* ein, *Picea* konnte sich etwas ausbreiten während *Larix* und *Pinus cembra* verschwanden. Das **Boreal** ist durch eine starke Ausbreitung von *Corylus* und *Ulmus* gekennzeichnet, in der zweiten Hälfte breiten sich auch *Tilia*, *Quercus* und verstärkt *Alnus* aus. Das **Atlantikum** ist nur kurz entwickelt und kaum erkennbar. Im **Subboreal** breiteten sich *Fagus*- und *Carpinus*-Wälder aus. Ungefähr um 3.900 BP wanderte *Abies* ein, das ist später als in den Beskiden, aber früher als im Bieszczady.

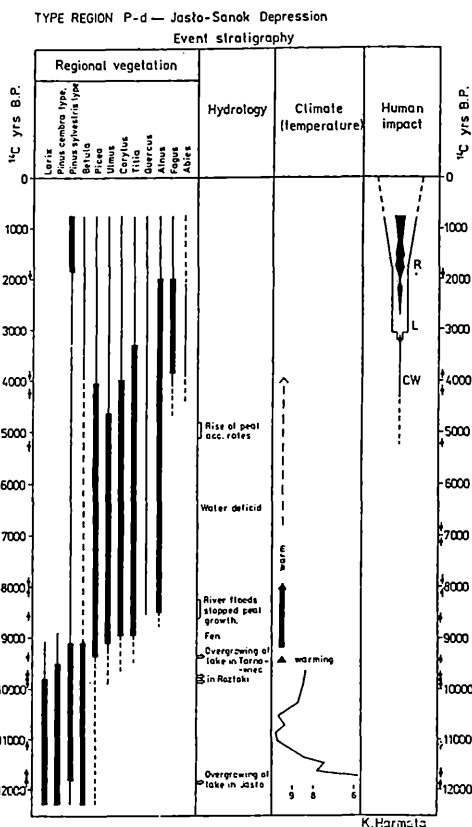


Abb 4: „Event-Stratigraphie“ der Typregion P-d (HARMATA 1989).

Die klimatischen und hydrologischen Aussagemöglichkeiten sind gering. Immerhin mußte die **Jüngere Dryas** relativ temperiert gewesen sein, was durch die Funde von *Nymphaea alba*, *Cladium mariscus*, *Thelypteris palustris* und eine beachtliche Kurve von *Filipendula* belegt wird.

Die Besiedlung der Gegend ist archäologisch ab dem späten Neolithikum nachgewiesen. Im Pollendiagramm setzen die Spuren menschlicher Anwesenheit um ca. 4.300 BP ein. Die intensivere Zerstörung der Wälder begann ab ca. 2.000 BP.

2.5 Das Bieszczady Gebirge (Typregion P-e; Abb. 5)

Das Bieszczady Gebirge, der westlichste Teil der Waldkarpaten, zeigt stärkere kontinentale Klimateinflüsse (größere Unterschiede zwischen Jänner- und Julimittel) als die Westkarpaten. Die wichtigsten Baumarten der heutigen Vegetation sind *Fagus* (bis an die Waldgrenze), *Carpinus*, *Tilia* und *Alnus*. *Picea* ist auf Spezialstandorte in kühl-feuchten Tallagen beschränkt. Pollenanalytisch wurde das Gebiet von RALSKA-JASIEWICZOWA (1980, 1989) bearbeitet. Die Lokalitäten ermöglichen eine gute Übersicht über die Vegetationsentwicklung des Holozäns,

während die Daten für das Spätglazial spärlich sind. Eine der Lokalitäten, das Moor Wolosate, knapp vor der Buchenausbreitung um ca. 4.400 BP entstanden, konnten wir auf der Exkursion vom Rand her besichtigen.

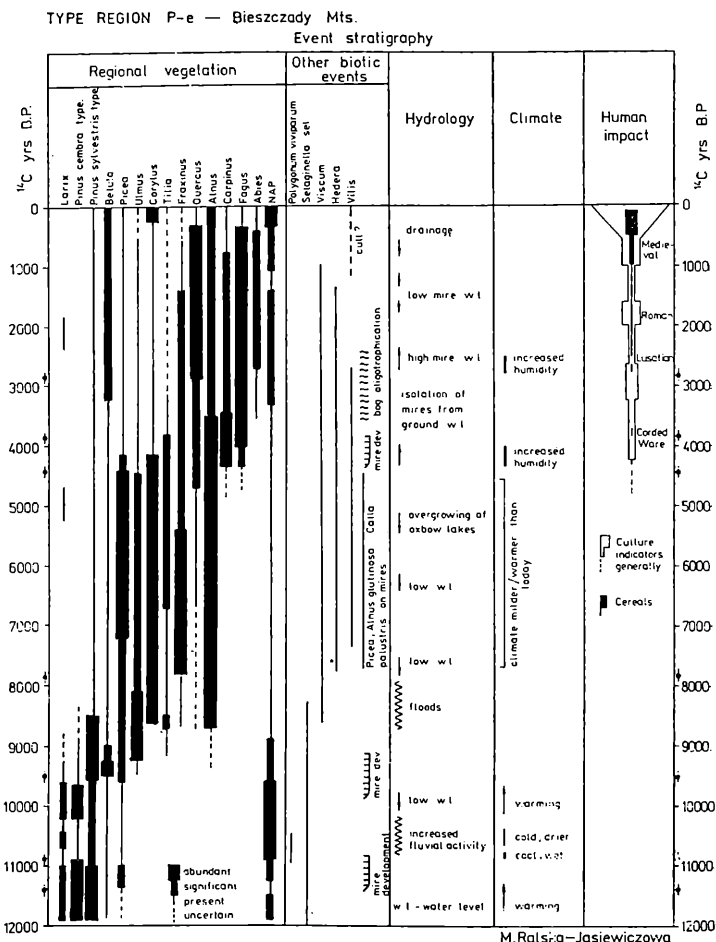


Abb 5: „Event-Stratigraphie“ der Typregion P-e (RALSKA-JASIEWICZOWA 1989).

Während des **Bölling** oder der **Älteren Dryas** prägten Bestände von *Pinus cembra* und *Larix* neben Rasen von subalpinem Charakter mit *Saxifraga oppositifolia*, *Saussurea*, *Swertia*, *Parnassia palustris*, *Selaginella selaginoides* und Sträucher wie *Juniperus*, *Hippophaë* und *Salix* die Vegetation. In den Gipfelbereichen lagen möglicherweise noch immer einzelne Gletscherreste. Im **Alleröd** breiteten sich an den Berghängen Nadelwälder aus, die vorwiegend aus *Pinus sylvestris*, *P. cembra* und *Larix* zusammengesetzt waren. Daneben spielten auch *Juniperus*, *Hippophaë* und *Salix* noch eine Rolle. Auch die Baumbirken scheinen in dieser Zeit zumindest zeitweise mit bedeutenden Anteilen am Bestandaufbau beteiligt gewesen zu sein.

In der zweiten Hälfte des **Alleröd** wurden die Wälder etwas dichter und *Picea* wanderte ein (11.360 BP). Das Kräuterspektrum, das sich ab dem Beginn der **Jüngerer Dryas** (10.790 BP) abzeichnet, war äußerst vielfältig. Neben Hochstauden (*Pleurospermum austriacum*, *Aconitum*, *Lilium martagon*, *Filipendula* usw.) und Feuchtezeigern (*Caltha palustris*, *Sanguisorba officinalis* usw.) finden sich auch Arten trockener Rasen (*Anemone*, *Armeria*, *Saussurea*, *Botrychium*) oder Steppenelemente (*Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Gypsophila* type *fastigiata*, *Plantago media*, *Bupleurum*, *Ephedra* u.a.m.) in den Pollenspektren. Die Arten der letzten Gruppe sind in den Wald- und Ostkarpaten häufiger als in den westlicher gelegenen Lokalitäten. Aufgrund häufiger Großbestände von *Larix* und *Picea* ist anzunehmen, daß alle Koniferen die Kälteperiode der **Jüngerer Dryas** im Gebiet überdauert haben. Zu Beginn des Holozän, im **Präboreal**, breiteten sich zunächst die Arten aus, die am Ort überdauert hatten. Die Wälder zeigten die gleiche Artengarnitur wie im Alleröd: *Pinus cembra*, *P. sylvestris* und *Larix* mit wenig *Picea* zusammen mit einer Anzahl Sträuchern. In der zweiten Hälfte des **Präboreal** breiteten sich die Birken kurzfristig stark aus, *Picea* verdrängte zusehends die *Pinus-Larix*-Bestände. Nur wenig später (ca. 9.510 BP) breitete sich auch *Ulmus* sehr rasch aus (noch vor *Corylus*) und erreichte sehr hohe Werte, ein Charakteristikum für die Vegetationsentwicklung der Waldkarpaten. Aufgrund der heutigen Verbreitung und auch aufgrund pollenmorphologischer Merkmale dürfte es sich um *Ulmus scabra* gehandelt haben. Der erste *Picea*-Gipfel im **Boreal** (ca. 8.730 BP) dürfte mit einer Ausbreitung der Fichte im Talgrund zusammenhängen (viele Nadelfunde im Torf). Mit größter Wahrscheinlichkeit war *Picea* während des ganzen Holozäns – wie auch heute noch – auf den Talgrund beschränkt, im Gegensatz zu anderen Gegenden in der gleichen Höhenlage (Hohe Beskiden, Sadecki Beskiden). Das Atlantikum war die Periode mit den günstigsten Bedingungen für die Entwicklung der Laubmischwälder aus *Ulmus*, *Corylus*, *Alnus*, *Quercus* und *Tilia*. Sie reichten damals wahrscheinlich höher hinauf als heute. Der Beginn des **Subboreals** ist gekennzeichnet durch den Ulmen- und Haselrückgang und die ersten Spuren von *Fagus* und *Carpinus* zwischen 4.400 und 4.000 BP. Nach dem Beginn der Ausbreitung um 3.800 BP bedeckten Buche und Hainbuche (in tieferen Lagen dominierend) in kürzester Zeit die Hänge des gesamten Bieszczady Gebirges. Die gleichzeitige Ausbreitung von *Fagus* und *Carpinus* unterscheidet das Bieszczady von den Ost- und Südkarpaten, wo *Carpinus* sich deutlich vor *Fagus* ausbreitete. Am Ende des **Subboreals** wanderte auch *Abies* ein, deutlich später als in den Westkarpaten, aber gleichzeitig oder wenig früher als in den Ostkarpaten. *Abies* blieb bis heute von untergeordneter Bedeutung und beschränkte sich immer auf die feuchten und kühleren Lebensräume im unteren Bereich von N-exponierten Hängen. Die ersten Spuren des Menschen sind mit 4.400 BP datiert. Sie dürften von einer aus dem Süden jenseits des Karpatenbogens eingewanderten, spätneolithischen Bevölkerung herrühren. Die Anzeichen für eine ständige Besiedlung mit Rodungen in Wäldern in tieferen Lagen dürften mit archäologischen Hinweisen auf eine Einwanderung von slowakischen und ungarischen Gruppen des mittelbronzezeitlichen Kulturkreises um ca. 3.000 BP zusammenfallen. Intensive Siedlungstätigkeit setzte jedoch erst im 14. Jh., in den höheren Lagen sogar erst im 15. Jh. ein. Damit begann eine fast völlige Zerstörung der Waldvegetation, die bis in unser Jh. andauerte. Nach dem Ende des 2. Weltkrieges blieb das Gebiet für ca. 10 Jahre fast unbewohnt, was eine leider nur kurze Regenerationsphase für die Waldvegetation bedeutete.

3. Vegetations- und Klimageschichte in den slowakischen Karpaten

Der Untersuchungsstand am Südabfall der W-Karpaten ist unterschiedlich. Gut untersucht ist das Orava-Becken, spärlicher sind die bearbeiteten Profile von der S-Seite der Tatra, während aus dem Gebiete weiter östlich nur eine Lokalität aus dem Vihorlat-Gebirge (KRIPPEL 1971) veröffentlicht wurde (Abb. 1B).

Auch der slowakische Anteil am Karpatenbogen wurde für das IGCP Projekt in Typregionen unterteilt, für diese Zusammenfassung übernehmen wir jedoch die etwas großzügigere Gliederung von RYBNÍČEK & RYBNÍČKOVÁ (1987), wo das uns interessierende Gebiet in zwei Regionen gegliedert wird (vgl. Abb. 1B, 6):

- Die montanen Regionen der W-Karpaten in der W-, Zentral- und E-Slowakei (dazu gehört das Vihorlat-Gebirge) – Region 2
- Die zentralen, hohen Gebirgszüge der W-Karpaten, die intramontanen Becken, wie z.B. das Orava-Becken, und die S-Hänge der Tatra und des Pieniny-Gebirges – Region 3.

3.1 Die Vegetationsentwicklung in den montanen Regionen (Abb. 6)

Die Vegetationsentwicklung der montanen Regionen läßt sich wie folgt zusammenfassen: Während des **Spätglazials** waren offene Kiefern-Birken-Wälder, z.T. als Krummholz mit *Juniperus* verbreitet. Neben *Pinus sylvestris* kam auch *P.cembra* vor. Die Flußterrassen waren möglicherweise von Hochstauden und Weiden bedeckt. Zu Beginn des Holozäns, im **Präboreal**, hat sich die Artenzusammensetzung kaum verändert, lediglich der Deckungsgrad war angestiegen. Die ersten wärmeliebenden Arten wie *Ulmus*, *Quercus*, *Tilia* und *Corylus* wanderten ein und breiteten sich im **Boreal** aus. Mischwälder mit Kiefern, Eichen, Ulmen und Haseln im Unterholz waren zu dieser Zeit weit verbreitet. Im mittleren Holozän (**Atlantikum**) herrschten optimale Bedingungen für die Waldvegetation. Der sommergrüne Mischwald mit *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Acer*, *Fraxinus* und einem geringen Fichtenanteil dehnte sich bis in die montane Stufe aus. Die Obergrenze der Eichenwälder dürfte bei 600–700 m ü.M. gelegen sein, darüber nahm der Anteil an Fichte sehr rasch zu. Zu Beginn des **Subboreals** breiteten sich *Fagus* und *Abies* aus. Die Tannen-Buchen-Wälder mit unterschiedlichem Anteil an Fichte erreichten die höchsten Kammlagen der montanen Stufe. In der NE-Slowakei (u.a. Vihorlat) entstanden die Vorläufer der späteren reinen Buchenwälder. In den Tälern waren Erlenwälder mit Weiden und Fichten vorherrschend.

Die menschliche Besiedlung setzte in den tieferen Lagen und in den Tälern im **Subboreal** langsam ein. Vor allem Eichenmisch- und Eichen-Hainbuchen-Wälder wurden in Wiesen, Weiden und in geringerem Maße in Ackerland umgewandelt. Xerotherme Arten wanderten in der Folge weit in die montanen Lagen und bereicherten besonders die Reliktflora auf Kalkfelsstandorten. Im späten Holozän hatten sich die heutigen Verhältnisse weitgehend etabliert: Buchen- und Buchen-Tannen-Wälder in der montanen Stufe zwischen 600 und 1.100 m ü.M., Fichten-Wälder in der subalpinen Stufe, Eichen-Hainbuchen-Wälder in der kollinen Stufe und am Südfuß. Diese Höhenstufenabfolge bildet die extrazonale Gesellschaftsgruppe der Westkarpaten.

3.2 Die Vegetationsentwicklung in den Hochgebirgen und intramontanen Becken (Abb.6)

Während des **Spätglazials** waren die Gipfelregionen noch immer von Schnee und lokalen Gletschern bedeckt. Unterhalb der Schneegrenze herrschte subarktische, Tundra-ähnliche Vegetation mit Weiden, Birken, Wacholder und/oder Föhrenkrummholz vor. In Becken- und Hangfußlagen wuchsen lichte Föhren-Birken-Wälder mit Wacholder, Lärche und Zirbe, die sich bis ins **Präboreal** halten konnten. Es gibt mehrere Hinweise auf Fichtenrefugien am Fuß der Tatra und im Orava-Gebiet. Während des **Boreals** verschwanden die letzten Gletscherreste, und subalpine Rasengesellschaften breiteten sich bis in die obersten Regionen aus. Vielleicht entstand zu jener Zeit ein Krummholzgürtel, was aber mit der Pollenanalyse nicht bewiesen werden kann. In den Becken wurde *Picea* zum dominierenden Waldbaum und drang nach und nach auch in die Hangwälder ein. Nur in den stark kontinental getönten Becken von Spišská kotlina und Popradská kotlina hielten sich weiterhin Föhrenwälder. *Alnus* und *Picea* besiedelten die Alluvionen. Im mittleren Holozän (**Atlantikum**) waren die Bedingungen für eine weitere

Ausbreitung der Föhrenwälder günstig. Nach KRIPPEL (1963 in RYBNÍČKOVA & RYBNÍČEK 1988) verschwand der Krummholzgürtel teilweise aus dem subalpinen Gebiet. In den günstigsten Lagen in den Becken und auf besonders reichen Böden entwickelten sich Wälder mit anspruchsvolleren Arten wie Eichen, Ulmen usw. Am Ende des Subboreals oder zu Beginn des Subatlantikums setzte die Ausbreitung von *Fagus* und *Abies* ein. Die Buche drang aber nicht nennenswert ins zentrale Gebirge ein; buchenfähige Standorte wurden von kräuterreichen Tannenwäldern besiedelt. Ulmen, Fichten, Birken, Erlen und Weiden waren die dominierenden Arten der Alluvionen.

Region		2	3
Time			
Years B.P.			
500	SA2	<p>C: † Beech-fir, fir-beech, and in the east beech woods with spruce, maple, in places with ash and lime; † hornbeam-oak woods with beech, lime, elm and ash</p> <p>A: Floodplain woods with alder, spruce, birch and willows</p>	<p>C: † Subalpine non-woody vegetation, krummholz, cembra pine, juniper; † spruce, spruce-fir and fir woods with pine, and in places oak, beech in SW part only</p> <p>A: Spruce-alder woods and waterlogged spruce woods, willows and birch; tall-herb meadow communities with willows</p>
1000			
2000	SA1		
3000	SB	<p>Depending on agricultural settlement: pastures, meadows and fields; secondary spread of juniper</p>	<p>Depending on agricultural settlement: pastures, meadows and fields; secondary spread of juniper</p>
4000			
5000	A2		
6000			
7000	A1	<p>C: † Mixed deciduous woods with elm, lime, oak, maple, ash and spruce, and later with beech; † mesophilous deciduous woods with oak, lime, elm, hazel, and later with hornbeam and beech</p> <p>A: Floodplain woods with alder, spruce, birch and willows</p>	<p>C: † Subalpine non-woody vegetation; krummholz stands with juniper and cembra pine; † spruce, spruce-pine stands, in places with oak and elm</p> <p>A: Waterlogged spruce woods, spruce-alder woods, birches, willows; tall-herb meadow communities with willows</p>
8000			
9000	B	<p>C: † Pine and birch-pine woods, later with spruce; † open oak woods with elm, lime and hazel, and in places persistent pine</p> <p>A: Stands of willows, birch and alder</p>	<p>C: † Subalpine and tundra vegetation; birch, willow, juniper, krummholz; † spruce, birch-pine stands (cembra pine, larch, krummholz)</p> <p>A: Meadow willow woods, spruce and later fir</p>
10000	PB		
11000	DR2	<p>C: Tundra vegetation (birch, juniper, krummholz); open birch-pine stands with juniper, and later with elm, oak and hazel</p> <p>A: Stands of willows and tall forbs, later with alder</p>	<p>C: † Lacking continuous vegetation (ice and snow), † tundra vegetation with birch, pines (Scot pine, cembra pine, ? krummholz), larch and juniper, willows, and in some places spruce</p> <p>A: Stands of tall forbs, willows</p>
12000	AL		
	DR1	<p>C: † Tundra (birch, willows); † open birch-pine and pine woods (cembra pine, juniper, krummholz) with a forb-rich layer</p> <p>A: Willow woods and tall-forb meadow communities</p>	

Im Laufe des **Subboreals** setzte auch im diesem Gebiet die intensive Besiedlung ein, was zu einem Rückgang der Waldfläche und einer Degradation der verbliebenen Bestände führte. Im Laufe des **Subatlantikums** entwickelten sich die Wälder in ihrer heutigen Zusammensetzung. Besonders während der letzten 800 Jahre wurde die Waldfläche stark dezimiert, und nur an ganz wenigen Stellen konnten anspruchsvollere Laubholzarten überdauern. Großflächig dominieren Nadelhölzer, besonders Fichte.

4. Wanderwege und Refugien

Der Vergleich der Vegetationsentwicklung in den letzten 13.000 Jahren im Umkreis der West- und Waldkarpaten zeigt eine ähnlich verlaufene Abfolge im **Spätglazial** aller Regionen: die ersten lichten Birken-Föhren-Wälder mit Zirben, Lärchen, Wacholder wiesen ein reichhaltiges Kräuterspektrum auf. Die Wiederbewaldung setzte je nach Höhenlage unterschiedlich ein. In den tieferen Lagen dürfte es zwischen 13.000 und 12.500 BP, in Hochlagen erst zwischen 10.000 und 9.000 BP gewesen sein. Der Klimarückschlag der **Jüngeren Dryas** verursachte einen starken Rückgang der Walddichte bis hin zu einer sehr offenen Parktundra. Alle Nadelhölzer (mit Ausnahme von *Abies*) haben die **Jüngere Dryas** zumindest auf der Südseite der Westkarpaten überdauert.

Im **Postglazial** beginnen sich die Unterschiede herauszubilden: *Picea*, zunächst nur im S von Bedeutung, breitet sich auch auf der N-Seite relativ rasch aus. *Fagus* dagegen braucht mehrere 1000 Jahre um auch N des Gebirgszuges bestandbildend aufzutreten. *Abies* wiederum erscheint umso später in den Diagrammen, je weiter im E die Lokalitäten liegen.

Diese Unterschiede sind einerseits auf unterschiedliche klimatische Bedingungen in den verschiedenen Regionen, andererseits aber auf unterschiedliche Wanderungswege und Refugialstandorte zurückzuführen. Anhand der Isopollenkarten (Isopollenmaps) von *Picea*, *Fagus* und *Abies* sollen drei unterschiedliche Wanderungswege und Ausbreitungstypen kurz beschrieben werden. In den Isopollenkarten sind jene Gebiete durch eine Linie abgegrenzt, in den die Pollendiagramme zu einem bestimmten Zeitpunkt für die betrachtete Art gleich hohe Prozentwerte zeigen. Die Karten in den Abb. 8-11 sind aus RALSKA-JASIEWICZOWA 1983 und RYBNÍČKOVA & RYBNÍČEK 1988 zusammengestellt und umgezeichnet.

Picea (Abb. 7C, 9)

Bei allen Spätglazial- und Holozänfunden von *Picea* handelt es sich um *Picea abies*, was durch Nadelfunde belegt ist. Pollenfunde von mehreren Prozenten und Nadelfunde sind nicht nur für das Riß-Würm-Interglazial und das Frühwürm, sondern auch für das Mittel- und Spätwürm bekannt. Die relativ niedrigen Prozentwerte im Mittel- und vor allem Spätwürm bedeuten nicht unbedingt das Fehlen des Baumes in der Region. Sie sind vielmehr Ausdruck einer geringen Individuenzahl und insbesondere einer reduzierten Fertilität aufgrund ungünstiger Klimabedingungen. Die Isopollenkarten lassen eine Ausbreitung von wahrscheinlich mindestens zwei mehr ± isolierten Zentren (Refugien ?) aus vermuten:

1. Das Becken südlich der Hohen Tatra und
2. Das Gebiet von Broumov (Braunau).

Abb 6: Überblick über die Vegetationsentwicklung der Zonen 2 und 3 in der Slowakei (nach RYBNÍČEK & RYBNÍČKOVA 1987) (vgl. Abb. 1b).

A: azonale Vegetation der Alluvionen

C: Vegetation entsprechend der Klimazone

↑: höhere Lagen

↓: tiefere Lagen

Dazu kommt eine sehr frühe Einwanderung ins Bieszczady und in die N-ungarischen Gebirge (Neograd, Matra und Bükk). Wo die Refugien im südlichen Gebiet gelegen waren, ist noch nicht klar. In den S-Karpaten konnte die Einwanderung von Fichte mit ca. 11.000 BP nachgewiesen werden (LANG 1994). Im Verlauf der weiteren Ausbreitung zeichnen sich zunächst hauptsächlich die Tatra und das Bieszczady Gebirge als Verbreitungsschwerpunkte ab, bis sich *Picea* ab 8.000 BP auch im W (Sudeten, Böhmerwald) vermehrt durchzusetzen vermag. Zwischen ca. 5.500 und 4.000 BP erlebt sie ihre größte Ausbreitung und den höchsten Anteil am Waldbestand. In den folgenden Jahrtausenden nimmt ihre Bedeutung in den W-Karpaten kontinuierlich ab und dürfte natürlicherweise nur noch im Umkreis der Tatra bestandbildend vorkommen.

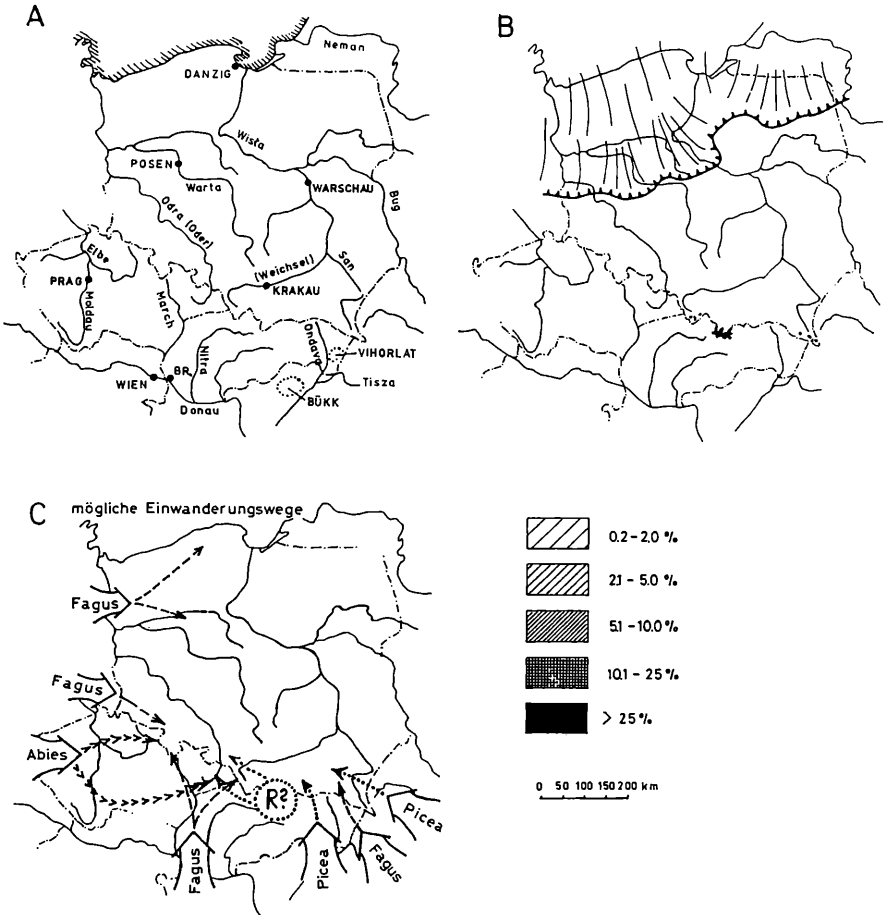


Abb 7A: Geographische Übersicht

Abb 7B: Vergleichsrechnung zur Zeit des Gletscherhöchststandes in der Würmeiszeit.

▲ ▲ ▲ ▲ ▲

Eisrand des nördlichen Eisschildes

Abb. 7C: Mögliche Einwanderungswege von *Picea*, *Abies* und *Fagus*.

***Abies* (Abb. 7C, 9)**

Die Tanne erscheint in den Diagrammen der Karpaten vereinzelt schon um 7.000 BP mit Schwerpunkt im W (Böhmerwald, Erzgebirge) und in den Wald-Karpaten (Vihorlat). Ab 5.000 BP zeichnet sich eine klare Einwanderung von W her ab, die entlang der Karpaten nach E fortschreitet. Ob die von KRIPPEL (1981, in RYBNÍČKOVA & RYBNÍČEK 1988) postulierten *Abies*-Refugien in N-Ungarn wirklich existiert haben, kann nur durch neue Untersuchungen belegt werden, sie sind aber sehr unwahrscheinlich. Die Übersicht über die Einwanderungszeiten der Tanne in Europa (LANG 1994) im allgemeinen und die Zusammenstellung der Arealentwicklung im Alpenraum im speziellen (KRAL 1979) zeigen deutlich mindestens zwei Refugialgebiete für die Tanne: Süditalien und Nordgriechenland. Von Süditalien ist die Tanne entlang des Apennin nach N in die Alpen gewandert und erreichte zwischen 6.000 und 5.000 BP den Nordostalpenrand, bzw. den südlichen Bayrischen Wald (STALLING 1987). Von dort aus eroberte sie in NE-Richtung die W- und die nördlichen Waldkarpaten. Die S-Karpaten dürfte sie dagegen von N-Griechenland aus über die mazedonischen und westbulgarischen Gebirge und das Banater Bergland erreicht haben. Ihre größte Verbreitung erreichte *Abies* um ca. 2.000 BP, wobei sie bedeutende Anteile vor allem in den mittleren Höhenlagen der Böhmischo-Mährischen Höhe, der Weißen Karpaten und der Niederen Tatra stellte. Heute ist ihr Areal durch die für die Tanne ungünstigen Bewirtschaftungsmethoden und besonders durch Schadstoffimmissionen stark reduziert.

***Fagus* (Abb. 7C, 10)**

Die Buche scheint etwas vor 7.000 BP aus dem S und SE ins slowakische und südpolnische Gebiet eingewandert zu sein. Auf der polnischen Seite der Beskiden und der W-Karpaten zeichnet sich die Einwanderung aus zwei Richtungen ab: einerseits von den E-Karpaten her Richtung W, andererseits vom NE-Alpenrand über den Böhmerwald und das Erzgebirge in die W Beskiden. Als Refugialgebiete kommen auch für die Buche vor allem N-Griechenland und S-Italien in Frage (LANG 1994). Die Wanderungsrichtungen sind noch etwas unklar. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß die Buche in den Gebirgen entlang des Dinarischen Gebirges nach N gewandert ist und von den Julischen Alpen aus die E- und Zwischenalpen erobert hat. In die E-Karpaten dagegen kam die Buche zwar auch aus N-Griechenland, aber eher über Mazedonien, Westbulgarien und die Südkarpaten. Diese östliche Wanderungsrouten ist vorläufig noch sehr hypothetisch und muß durch weitere Untersuchungen bestätigt werden. Um 4.000 BP erreicht die Buche die Grenze zu Dänemark. Von N-Deutschland aus setzt ab 5.000 BP die Bucheneinwanderung in N-Polen ein. Um ca. 4.000 BP hat *Fagus* in Polen fast ihre heutigen Arealgrenzen erreicht.

Die Wanderungs- und Ausbreitungsgeschichte (Abb. 7C) dieser drei Baumarten ist sehr unterschiedlich und zeigt eindrücklich die Abhängigkeit von der Distanz zu den Refugialstandorten einerseits und die unterschiedlichen Wanderungsgeschwindigkeiten aufgrund unterschiedlicher klimatischer und edaphischer Ansprüche andererseits. *Picea* breitet sich früh aus, da die Refugien sehr nahe und ihre Ansprüche an Temperatur, Licht, Niederschlag und Bodenentwicklung nicht hoch sind. Sie erträgt als Jungpflanze Halbschatten, kann sowohl als junger Baum als auch im Alter große Temperaturschwankungen aushalten (subkontinental) und bevorzugt insgesamt eher kühlere Regionen. Sie ist in Bezug auf Feuchtigkeit ziemlich indifferent, erträgt jedoch weder lange schnee- und niederschlagsfreie Winter (Frosttrocknis), noch lange Trockenperioden im Sommer. Für die Fichte reichten die Bedingungen im Bereich der gering bis nicht vergletscherten Gebirgskstöcke (Karpaten, ev. Julische Alpen, vgl. LANG 1994) noch aus, um einige Jahrtausende zu überleben. Ganz anders sind die Ansprüche der Buche und der Tanne. Beide Bäume sind empfindlich gegen große Temperaturunterschiede, besonders *Fagus* ist stark spätfrostgefährdet, da sie relativ früh austreibt. Beide Bäume sind auf gleichmäßige Feuchtigkeit angewiesen: *Fagus* bevorzugt frische Böden und erträgt lange Trockenheit im Sommer nicht

Abb 8: Isopollenkarten von *Picea* von 11.000 BP bis 6.000 BP.

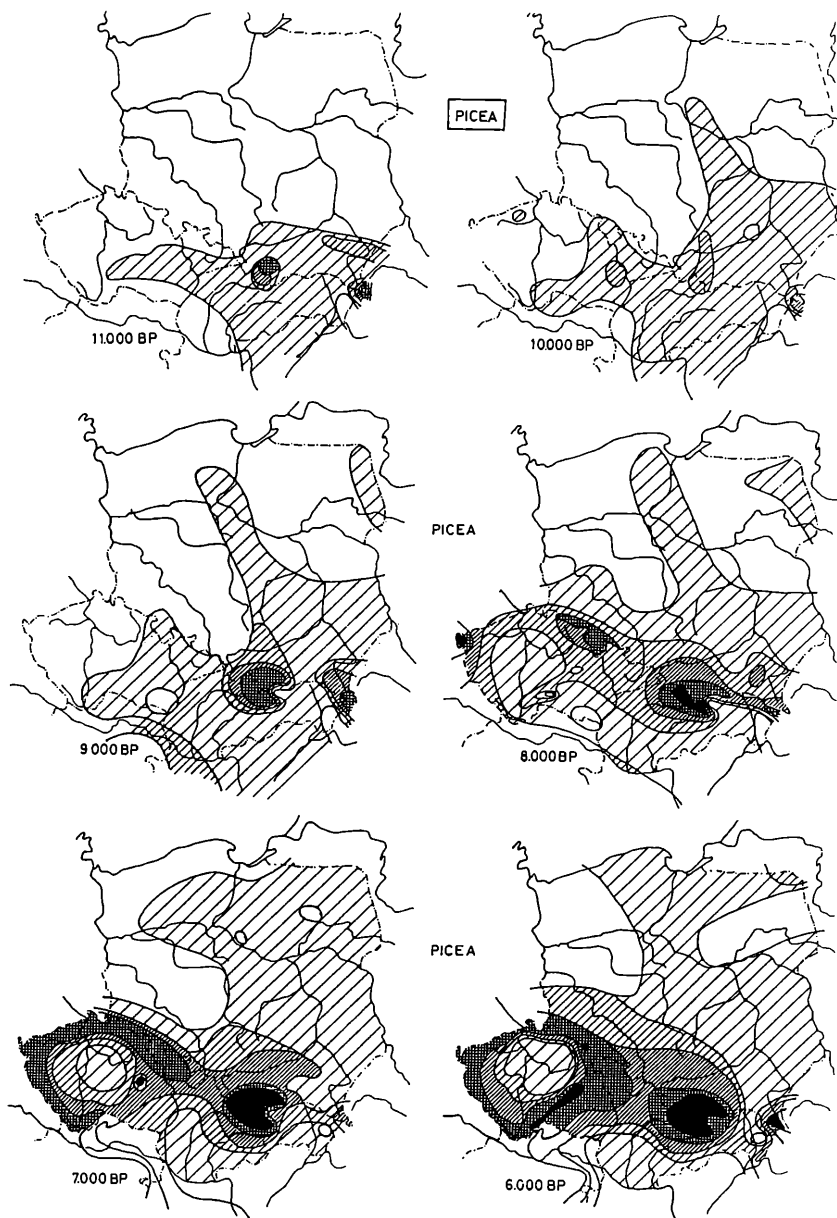


Abb 9: Isopollenkarten von *Picea* von 5.000 BP–1.000 BP mit einer Karte der aktuellen Verbreitung.

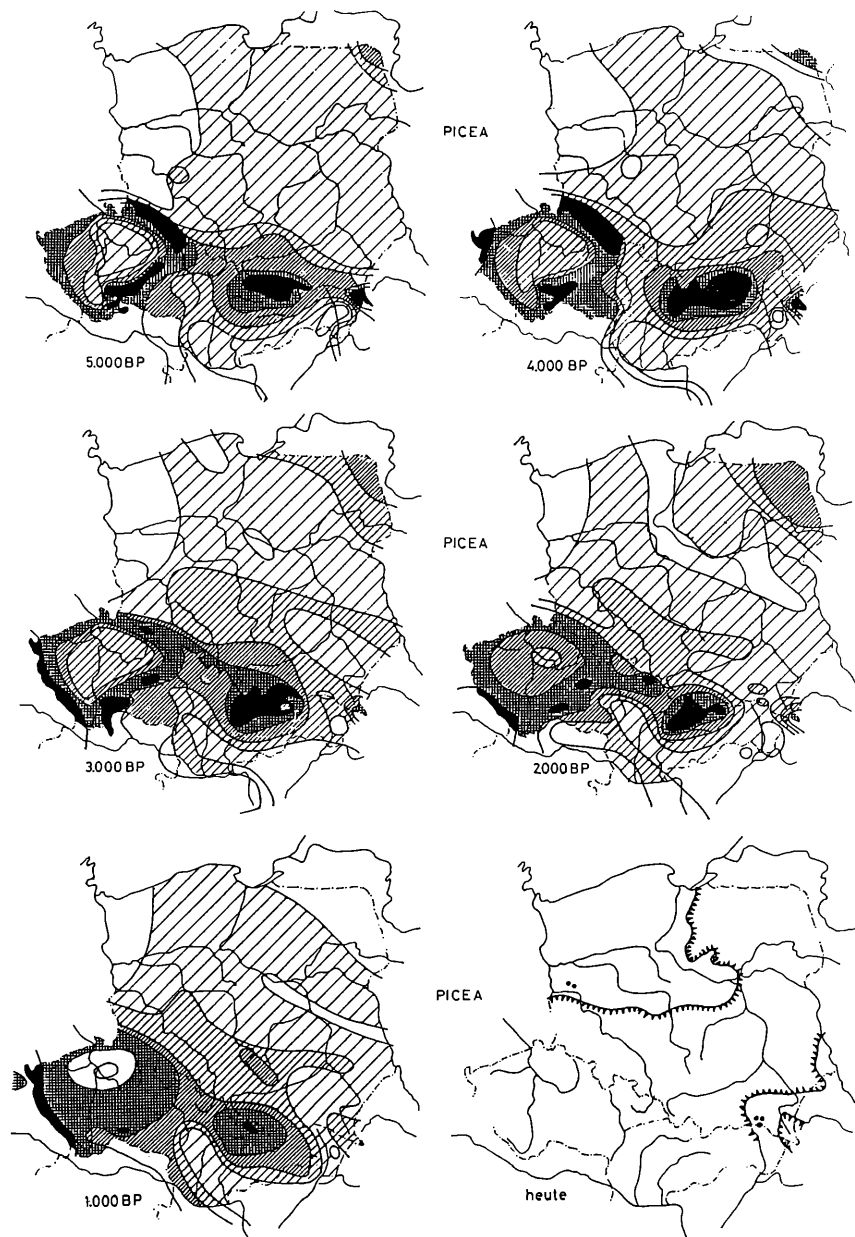


Abb 10: Isopollenkarten von *Abies* von 5.000 BP–1.000 BP mit einer Karte der aktuellen Verbreitung.

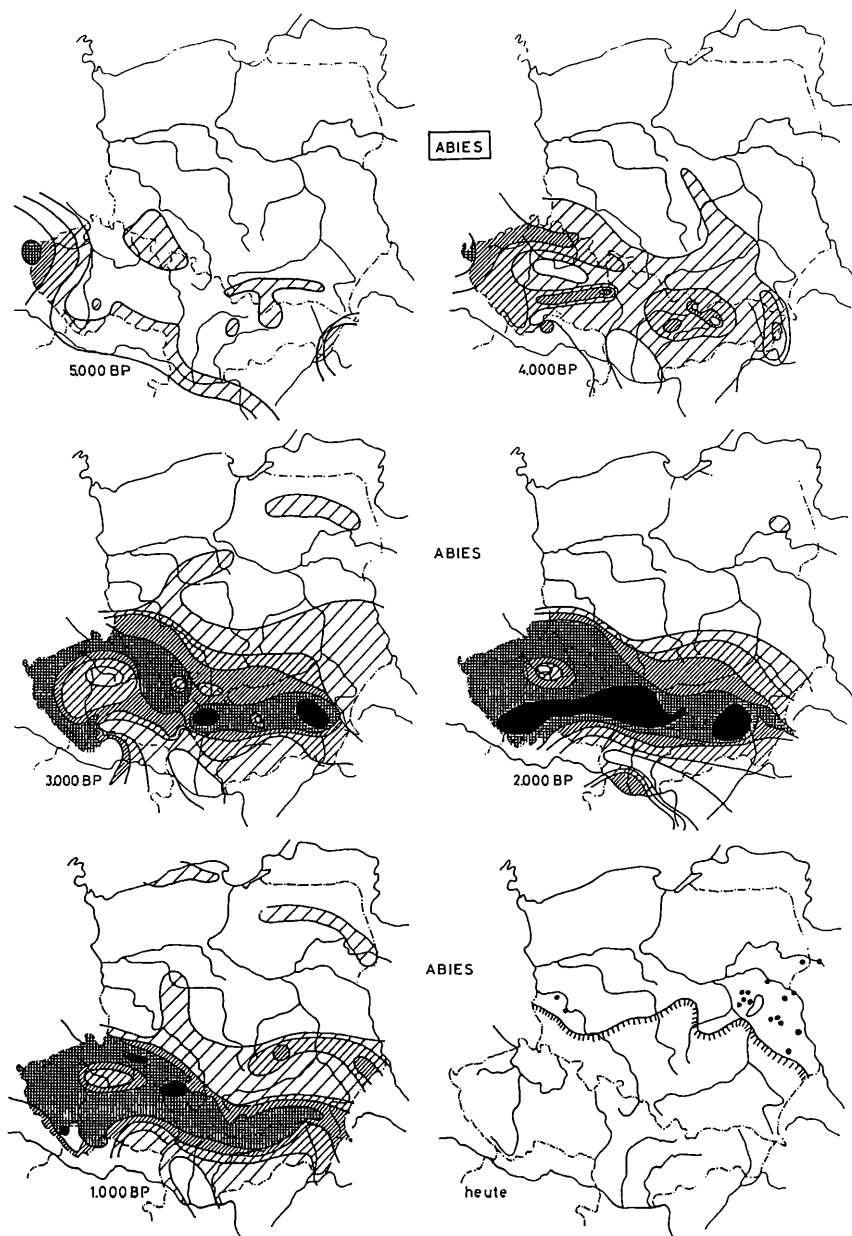
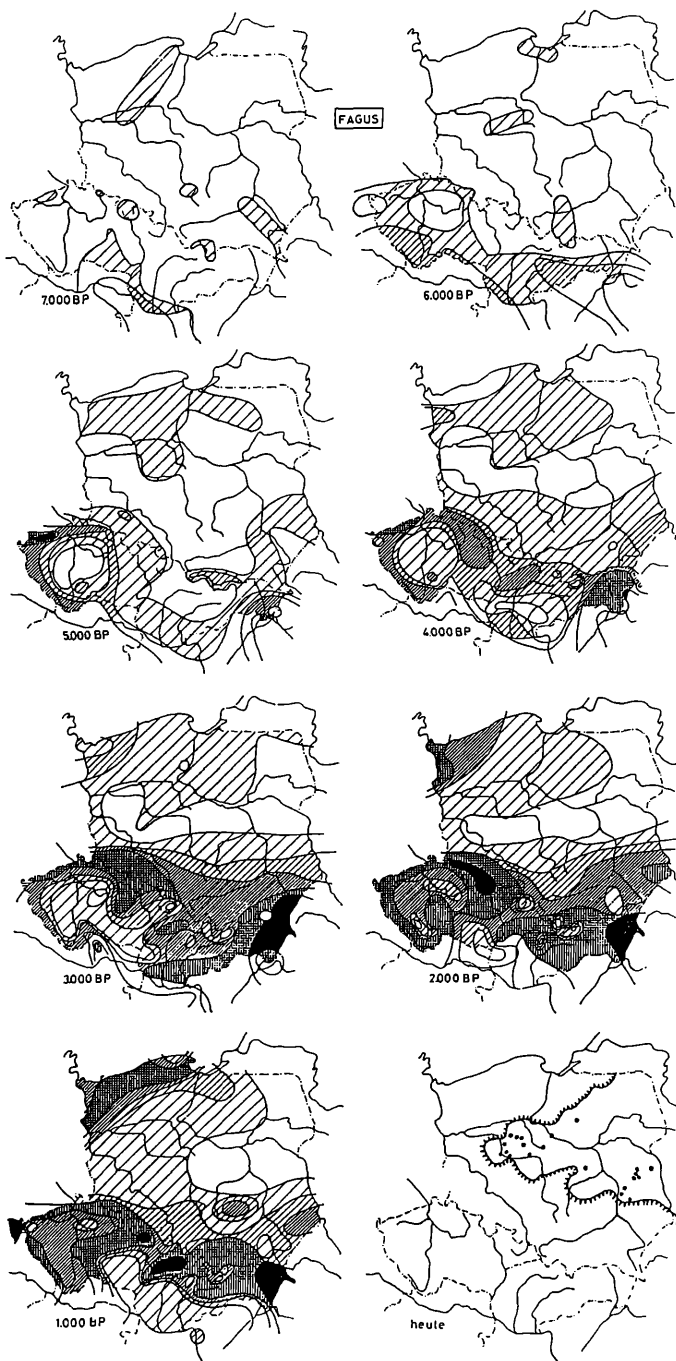


Abb 11: Isopollenkarten von *Fagus* von 7.000 BP–1.000 BP mit einer Karte der aktuellen Verbreitung.



sehr gut, während *Abies* vor allem eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit bevorzugt und sogar zeitweilige Staunässe erträgt. Für beide Bäume waren die Verhältnisse im Bereich der mittel- und osteuropäischen Gebirge während des letzten Hochglazials zu kalt und zu trocken. Sie konnten nur im S überdauern, wo die Temperaturen weniger stark erniedrigt waren. Da aber im Mittelmeergebiet zeitweise sehr starke Trockenheit herrschte, konnten sich die Bäume nur in kleinen Gruppen an Spezialstandorten mit genügend Feuchtigkeit halten. Das dürften hauptsächlich Flußufer und Schluchten am Rande der südlichen Gebirge (südlicher Apennin, Sila, Aspromonte, Pindos usw.) gewesen sein. Bei der nacheiszeitlichen Wanderung bedeutete das Eindringen in schon bestehende Waldgesellschaften für die Buche und die Tanne kein größeres Problem, weil beide Arten in der Jugend Schatten ertragen. Bei der Ausbreitung in den jeweiligen Gebieten dürften dann aber die unterschiedlichen edaphischen Ansprüche und die lokalen Konkurrenzbedingungen von Bedeutung gewesen sein. Der Buche gelang die Ausbreitung in vielen Gegenden erst dank der Rodungen durch den Menschen.

Literatur

- HARMATA K., 1987: Late-glacial and Holocene history of Vegetation at Roztoki and Tarnowiec near Jasło (Jasło-Sanok-Depression). *Acta Palaeobot.* 27: 43–65.
- HARMATA K., 1989: Type region P-d: the Jasło-Sanok-Depression. *Acta Palaeobot.* 29: 25–29.
- KRAL F., 1979: Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. Veröff. Inst. Waldbau Univ. Bodenkultur, Wien. 175 S.
- KRIPPPEL E., 1971: Postglacialny vyvoj vegetacie východného Slovenska. *Geogr. Cas.* 23: 225–241.
- LANG G., 1994: Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Gustav Fischer Jena, Stuttgart, New York. 462 S.
- LATALOWA M. & D. NALEPKA 1987: A study of the Late-Glacial and Holocene vegetational history of the Wollrom area (Silesian-Cracovian Upland). *Acta Palaeobot.* 27: 75–115.
- LIBELT P. & A. OBIDOWICZ 1994: Die holozäne Evolution der natürlichen Umwelt in der Stufe der oberen Waldgrenze der West-Tatra. *Mitt. Österr. Geogr. Ges.* 136: 243–262.
- OBIDOWICZ A. 1989: Type region P-a: Inner West Carpathians – Nowy Targ Basin. *Acta Palaeobot.* 29: 11–15.
- OBIDOWICZ A., 1990: Eine pollenanalytische und moorkundliche Studie zur Vegetationsgeschichte des Podhale-Gebietes (West-Karpaten). *Acta Palaeobot.* 30: 147–219.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M., 1980: Late-glacial and holocene vegetation of the Bieszczady Mts. (Polish Eastern Carpathians). – Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 202 pp.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M., 1983: Isopollen maps for Poland: 0–11,000 Years BP. *New Phytol.* 94: 133–175.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M., 1987: Environmental changes recorded in lakes and mires of Poland during the last 13,000 years. Introductory remarks. *Acta Palaeobot.* 27: 3–8.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M., 1989: Type region P-e: the Bieszczady Mts. *Acta Palaeobot.* 29: 31–35.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M. & M. LATALOWA 1996: Poland. In BERGLUND B.E., BIRKS H.J.B., RALSKA-JASIEWICZOWA M. & H.E. WRIGHT. *Palaeoecological Events During the Last 15,000 Years. Regional Syntheses of Palaeoecological Studies of Lakes and Mires in Europe.* John Wiley & Sons Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 403–472.
- RYBNÍČEK K. & E. RYBNÍČKOVÁ 1987: Postglacial Development. In MICHÁLKO J. (ed.). *Geobotanical maps of CSSR – Slovak Socialist Republic.* Veda Publishing House, Bratislava. 38–46.
- RYBNÍČKOVÁ E. & K. RYBNÍČEK 1988: Isopollen maps of *Picea abies*, *Fagus sylvatica* and *Abies alba* in Czechoslovakia – Their application and limitations. In LANG G. & CH. SCHLÜCHTER (eds). *Lake, Mire and River Environments*, Balkema, 51–66.
- RYBNÍČKOVÁ E. & K. RYBNÍČEK 1996: Czech and Slovak Republics. In BERGLUND B.E., BIRKS H.J.B., RALSKA-JASIEWICZOWA M. & H.E. WRIGHT. *Palaeoecological Events During the Last 15,000 Years. Regional Syntheses of Palaeoecological Studies of Lakes and Mires in Europe.* John Wiley & Sons Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 474–505.
- STALLING H., 1987: Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Bayrischen Wald. *Diss. Bot.* 105, 202 S.
- SZCZEPANEK K., 1987: Late-glacial and Holocene pollen diagrams from Jasiel in the Low Beskid Mts. (The Carpathians). *Acta Palaeobot.* 27: 9–26.
- SZCZEPANEK K., 1989: Type region P-c: Low Beskidy Mts. *Acta Palaeobot.* 29: 17–23.

- OBERMAYER, W. 1994: Lichenotheca Graecensis, Fasc. 1 (Nos 1 - 20). - Fritschiana 1: 1 - 7 [mit einem Porträt von K. FRITSCH].
- SCHEUER, Ch. & POELT, J. 1995: Mycotheca Graecensis, Fasc. 1 (Nr. 1 - 20). - Fritschiana 2: 1 - 9.
- OBERMAYER, W. 1995: Lichenotheca Graecensis, Fasc. 2 (Nos 21 - 40). Fritschiana 3: 1 - 8.
- SCHEUER, Ch. & POELT, J.(†) 1995: Mycotheca Graecensis, Fasc. 2 (Nr. 21 - 40). - Fritschiana 4: 1 - 10.
- HAFELLNER, J. 1995: A new checklist of lichens and lichenicolous fungi of insular Laurimacaronesia including a lichenological bibliography for the area. Fritschiana 5: 1 - 132.
- OBERMAYER, W. 1996: Lichenotheca Graecensis, Fasc. 3 (Nos 41 - 60). Fritschiana 6: 1 - 7.
- STARMÜHLER, W. 1996: Ranunculaceae subtrib. Delphiniinae exsiccatae, Fasc. 1 (Nr. 1 - 20). - Fritschiana 7: 1 - 10.
- STARMÜHLER, W. 1996: Aconita rarissima selecta. - Fritschiana 7: 11 - 39.
- STARMÜHLER, W. 1996: Delphinia rarissima selecta. - Fritschiana 7: 41 - 45.
- OBERMAYER, W. 1997: Lichenotheca Graecensis, Fasc. 4 (Nos 61 - 80). Fritschiana 8: 1 - 6.
- SCHEUER, Ch. & POELT, J.(†) 1997: Mycotheca Graecensis, Fasc. 3 - 7 (Nr. 41 - 140). - Fritschiana 9: 1 - 37.
- SCHEUER, Ch. 1997: Dupla Fungorum (1997), verteilt vom Institut für Botanik der Universität Graz. - Fritschiana 9: 39 - 61.
- SCHEUER, Ch. 1997: Schedae emendatae für Pilz-Exsiccatae aus den Plantae Graecenses und Reliquiae Petrakianae. - Fritschiana 9: 63 - 65.
- STARMÜHLER, W. 1997: Ranunculaceae subtrib. Delphiniinae exsiccatae, Fasc. 2 (Nr. 21 - 40). - Fritschiana 10: 1 - 11.
- DRESCHER, A. 1997: Dupla Salicum (1997). - Fritschiana 10: 13 - 22.
- DRESCHER, A. 1997: Dupla plantarum vascularium (1997). - Fritschiana 10: 23 - 33.
- DRESCHER, A. 1997: Schedae emendatae für Plantae Graecenses – Spermatophyta. - Fritschiana 10: 35.
- OBERMAYER, W. 1997: Lichenotheca Graecensis, Fasc. 5 (Nos 81 - 100). Fritschiana 11: 1 - 6.
- HAFELLNER, J. 1997: Materialien zur Roten Liste gefährdeter Flechten Österreichs. - Fritschiana 12: 1 - 32.
- STARMÜHLER, W. 1998: Ranunculaceae subtrib. Delphiniinae exsiccatae, Fasc. 3 (Nr. 41 - 60). - Fritschiana 13: 1 - 10.
- STARMÜHLER, W. 1998: Aconita rarissima selecta (1998). - Fritschiana 13: 11 - 39.
- STARMÜHLER, W. 1998: Consolidae rarissimae selectae (1998). - Fritschiana 13: 41 - 44.
- STARMÜHLER, W. 1998: Delphinia rarissima selecta (1998). - Fritschiana 13: 45 - 48.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Fritschiana](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Drescher-Schneider [Drescher] Ruth

Artikel/Article: [Vegetations- und Klimageschichte in den West- und Waldkarpaten seit der letzten Eiszeit. 55-72](#)